

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Л.К. Войславський

Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічної роботи з картографії
«Розрахунок і побудова математичної основи топографічної
карти масштабу 1:10 000»

(для студентів 2 курсу денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»
спеціальності «Геоінформаційні системи і технології»)

ХАРКІВ – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з картографії «Розрахунок і побудова математичної основи топографічної карти масштабу 1:10 000» (для студентів 2 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» спеціальності «Геоінформаційні системи і технології») / Укл.: Войславський Л.К. – Х.: ХНАМГ, 2009 – 15 с.

Укладач: к.т.н., доц. Л.К. Войславський

Рецензенти: к.т.н., доц. Г.І. Коба

Рекомендовано кафедрою геоінформаційних систем і геодезії,
протокол № 4 від 02.12.2008 р.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	4
1. Визначення широти паралелей та довготи меридіанів	5
2. Розрахунок довжини дуг паралелей та меридіанів	6
3. Визначення площі терену, який покриває задана трапеція	8
4. Розрахунок середнього зближення меридіанів	9
5. Визначення прямокутних координат вершин трапеції у проекції Гаусса-Крюгера	9
6. Побудова внутрішньої рамки трапеції і відрізків геодезичної системи координат	9
7. Побудова сітки прямокутних координат	11
8. Рамка карти та позарамкове оформлення	13
Список літератури	14

ВСТУП

Розрахунково-графічна робота має на меті:

- визначення геодезичної широти північної і південної паралелі, геодезичної довготи західного і східного меридіанів, що обмежують аркуш топографічної карти масштабу 1:10000;
- розрахунок довжини дуг паралелей і меридіанів, що обмежують аркуш топографічної карти;
- редукування обчислених довжин дуг з поверхні еліпсоїду на площину в проекції Гауса-Крюгера;
- визначення площі терену, що покривається аркушем топографічної карти;
- розрахунок зближення меридіанів;
- обчислення прямокутних координат вершин трапеції у системі Гауса-Крюгера;
- побудова на папері трапеції, що обмежує аркуш топографічної карти; нанесення на трапецію сітки геодезичних координат;
- побудова на трапеції сітки прямокутних координат у проекції Гауса-Крюгера;
- позарамкове оформлення аркуша топографічної карти.

Вихідні дані: номенклатура аркуша топографічної карти. Визначається викладачем.

Матеріальне забезпечення:

1. Штанген-циркуль з лінійкою ЛБЛ.
2. Лінійка Дробишева.
3. Масштабна лінійка.
4. Циркуль-вимірник.
5. Аркуш паперу для креслення, формат А1.

Програмне забезпечення: програма Topograd.

1. Визначення широти паралелей та довготи меридіанів

Нехай, наприклад, треба визначити широти та довготи рамки аркуша топографічної карти N-38-69-B-в-3.

Відомо, що літера N у латинському алфавіті має порядковий номер $k = 14$. Отже, аркуш карти у масштабі 1:1000000 з номенклатурою N-38 знаходиться на перетині 14 ряду і 38 колони (N-38). Геодезичні координати паралелей та меридіанів, які обмежують цей аркуш, мають такі значення

$$\begin{aligned} B_{nn} &= 4^\circ k = 56^\circ; & B_{nd} &= 4^\circ (k - 1) = 52^\circ; \\ L_{зax} &= 6^\circ (n - 31) = 42^\circ; & L_{cx} &= 6^\circ (n - 30) = 48^\circ. \end{aligned}$$

Одразу визначаємо довготу осьового меридіану 38 колони

$$L_0 = 6^\circ (n - 30) - 3^\circ = 45^\circ.$$

Для обчислення координат топографічної карти масштабу 1:100000 N-38-69 розділимо номер позиції цього аркуша на 12 як цілі числа і визначимо залишок від ділення

$$p = \text{Int} (69:12) = 5 \quad q = 69 - (12 \times 5) = 9.$$

Таким чином аркуш знаходиться на перетині $p + 1$, тобто 6 рядка і 9 стовпчика. Звідси знаходимо широти паралелей і довготи меридіанів, які обмежують аркуш N-38-69.

$$\begin{aligned} B_{nn} &= 56^\circ - 20 \times p = 54^\circ 20'; & B_{nd} &= 56^\circ - 20 \times (p + 1) = 54^\circ 00'; \\ L_{зax} &= 42^\circ + 30'(q - 1) = 46^\circ 00'; & L_{cx} &= 42^\circ + 30'q = 46^\circ 30'. \end{aligned}$$

Далі на папері в клітинку креслимо схему аркуша, як це показано на рис. 1. Послідовним квартуванням (діленням на чотири частини) визначаємо положення аркушів масштабу 1:50000 *A, Б, В, Г*; у аркуші *В* – положення аркушів масштабу 1:25000 *а, б, в, г*; у аркуші *в* – положення аркушів масштабу 1:10000 1, 2, 3, 4. Беручи до уваги, що аркуш карти масштабу 1: 10000 має розміри по широті 2' 30", а по довготі 3' 45", на схемі (рис. 1.1) остаточно визначимо координати паралелей і меридіанів, які обмежують аркуш топографічної карти N-38-69-B-в-3.

$$B_{nn} = 54^{\circ} 02' 30''; \quad B_{nd} = 54^{\circ} 00' 00'';$$

$$L_{зax} = 46^{\circ} 00' 00''; \quad L_{cx} = 46^{\circ} 03' 45''.$$

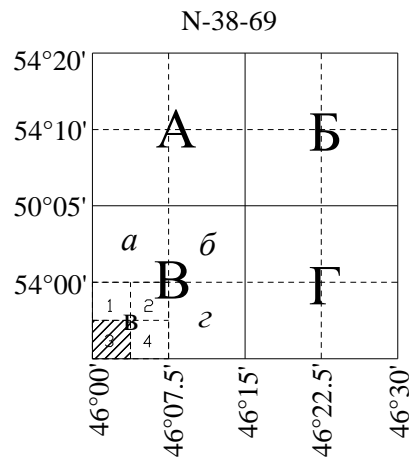


Рис 1.1 – Схема визначення координат рамки трапеції

2. Розрахунок довжини дуг паралелей та меридіанів

Якщо довжина дуги меридіану не перевищує 45 км, що має місце у нашому прикладі, її можна обчислити за формулою

$$S = M_m \frac{(B_{nn} - B_{nd})''}{\rho''}, \quad (2.1)$$

де M_m – середній радіус кривизни меридіану,

B_{nn}, B_{nd} – широти північної та південної паралелей відповідно,

$\rho'' = 206265$.

M_m у свою чергу обчислюється за формулою

$$M_m = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B_m)^{\frac{3}{2}}}, \quad (2.2)$$

де a – велика піввісь еліпсоїду,

e^2 – ексцентриситет меридіанного еліпса,

B_m – середня широта аркуша.

Для еліпсоїду Красовського $a = 6378245$ м, $e^2 = 0,0066934216$.

Довжина дуги паралелей обчислюється за формулою

$$S' = N \cos B \frac{l''}{\rho''}, \quad (2.3)$$

де $l'' = L_{cx} - L_{зах}$, обчислена у секундах,

N – радіус кривизни першого вертикалу, обчислюється за формулою

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \quad (2.4)$$

З розрахунків для нашого аркушу карти маємо

$$M_m = 6377437 \text{ м},$$

$$N_{nn} = 6392277 \text{ м},$$

$$N_{nd} = 6392262 \text{ м},$$

довжина дуги північної паралелі

$$a' = 4094,5 \text{ м},$$

довжина дуги південної паралелі

$$b' = 4098,5 \text{ м},$$

довжина дуги меридіану

$$c' = 4637,8.$$

Визначені довжини потрібно зредувати з поверхні еліпсоїду на площину у проекції Гауса-Крюгера. Для цього насамперед обчислюємо приблизну ординату центру трапеції

$$y \approx N_m \cos B_m \frac{l_0''}{\rho''} \approx 67700 \text{ м}, \quad (2.5)$$

$$\text{де } N_m = \frac{N_{nn} + N_{nd}}{2},$$

$$l_0'' = L_m - L_0 \text{ у секундах},$$

$$L_m = \frac{L_{cx} + L_{зах}}{2}.$$

Перемноживши довжини a' , b' , c' на масштабний коефіцієнт

$$m = 1 + \frac{y_m^2}{2M_m N_m} = 1,000056, \quad (2.6)$$

маємо зредуковані довжини

$$a = 4095 \text{ м};$$

$$b = 4099 \text{ м};$$

$$c = 4638 \text{ м}.$$

Обчислимо діагональ трапеції

$$d = \sqrt{c^2 + ab} = 6188 \text{ м}.$$

3. Визначення площі терену, який покриває задана трапеція

Площа сфероїдичної трапеції, обмеженої паралелями і меридіанами, визначається за формулою

$$F = 2b^2 \frac{(L_{cx} - L_{зax})''}{\rho''} \left\{ A \sin \frac{\Delta B}{2} \cos B_m - B \sin \frac{3\Delta B}{2} \cos 3B_m + \right. \\ \left. + C \sin \frac{5\Delta B}{2} \cos 5B_m - D \sin \frac{7\Delta B}{2} \cos 7B_m + \dots \right\}, \quad (3.1)$$

де b – мала піввісь еліпсоїду, для еліпсоїду Красовського $b = 6356863$;

$$\Delta B = B_{nn} - B_{no},$$

$$A = 1 + \frac{e^2}{2} + \frac{3}{8}e^4 + \frac{5}{16}e^6 + \dots = 1,003363665,$$

$$B = \frac{e^2}{6} + \frac{3}{16}e^4 + \frac{3}{16}e^6 + \dots = 0,001124026, \quad (3.2)$$

$$C = \frac{3}{18}e^4 + \frac{1}{16}e^6 + \dots = 0,000001698,$$

$$D = \frac{1}{12}e^6 + \dots = 0,000000002.$$

Обчислене значення заокруглюється до $0,01 \text{ км}^2$.

Для трапеції N-38-69-B-B-3 маємо $F = 18,97 \text{ км}^2$.

4. Розрахунок середнього зближення меридіанів

Середнє зближення меридіанів для нашої трапеції відносно осьового меридіану $L_0 = 45^\circ$ з похибкою порядку $3''$ обчислюється за наближеною формулою

$$\gamma = l_0 \sin B_m = 0^\circ 50' 04'' . \quad (4.1)$$

5. Визначення прямокутних координат вершин трапеції у системі Гаусса-Крюгера

Прямокутні координати обчислюють по геодезичним на комп'ютерні за допомогою програми ToroGrad (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Таблиця координат вершин трапеції

№ точок	Геодезичні координати		Прямокутні координати	
	B	L	X	Y
A	54° 00' 00''	46° 00' 00''	5986484	565576
B	54° 00' 00''	46° 03' 45''	5986544	569674
C	54° 02' 30''	46° 00' 00''	5991122	565510
D	54° 02' 30''	46° 03' 45''	5991181	569605

6. Побудова внутрішньої рамки трапеції і відрізків геодезичної системи координат

На аркуші паперу до креслення на відстані 7 см від нижнього краю проводимо за допомогою лінійки ЛБЛ пряму (рис. 6.1) **mn**.

За шкалою поперечного масштабу беремо у розхил штангенциркулю відрізок, який дорівнює зредукованій довжині дуги південної паралелі **v** й відкладаємо цей відрізок на лінії **mn**, додержуючи симетрії відносно країв аркушу, як це показано на рис. 6.1. У результаті маємо точки А і В.

Беремо у розхил штангенциркуля відрізок який дорівнює довжині діагоналі **d**. З точок А і В цим розчином креслимо дуги **p** і **q**. У розчин штангенциркулю беремо відрізок, який дорівнює зредукованій бічній стороні трапеції **C**, і відкла-

даємо з точок А і В на дугах p і q відповідно відрізки \overline{C} . Таким чином визначаємо положення ще двох вершин трапеції С і D.

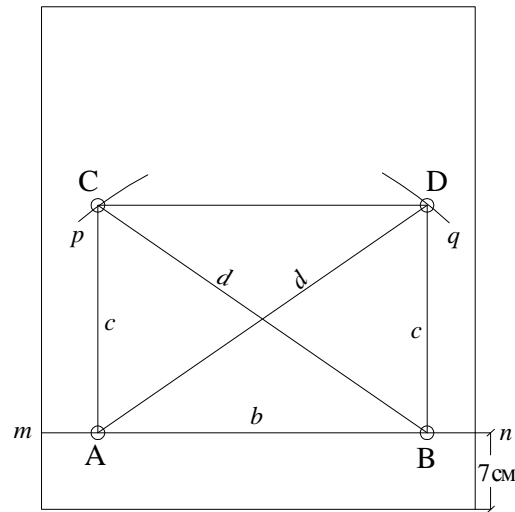


Рис. 5.1 – Схема побудови рамки трапеції

Контроль побудови трапеції здійснюється вимірюванням штангенциркулем довжини відрізка CD, який мусить дорівнювати зредукованій довжині північної паралелі a . Похибка не повинна перевищувати 0,5 мм.

З зовнішньої сторони трапеції ABCD яка є внутрішньою рамкою аркуша карти, на відстані 6 мм до відповідних сторін викреслюємо мінутну рамку системи геодезичних координат.

Довжину відрізка, що відповідає одній минуті по широті, обчислюємо за формулою

$$l_M = \frac{c}{2,5} = \frac{4638}{2,5} = 1855 \text{ м.}$$

Довжина відрізка, що відповідає 30 секундам по широті, буде дорівнювати

$$\frac{l_m}{2} = 928 \text{ м.}$$

Довжину відрізка, що відповідає одній минуті по довготі, для південної рамки, обчислюємо за формулою

$$l_{nd} = \frac{b}{3,75} = \frac{4099}{3,75} = 1093 \text{ м.}$$

Те ж саме для північної рамки

$$l_{nn} = \frac{a}{3,75} = \frac{4095}{3,75} = 1092 \text{ м.}$$

Довжини відрізків, що відповідають 45 секундам по довготі, для південної і північної рамки відповідно дорівнюють

$$0,75l_{nd} = 820 \text{ м;} \quad 0,75l_{nn} = 819 \text{ м.}$$

Продовжуємо лінії внутрішньої рамки до перетину з сторонами минутної рамки. Від точок перетину вздовж сторін минутної рамки за допомогою масштабної лінійки і циркуля-вимірювача у відповідних місцях відкладаємо обчислені довжини минутних, півминутних й сорокап'ятисекундних відрізків. Таким чином отримуємо минутну рамку, яка є носієм геодезичної системи координат і дає змогу визначити широту та довготу будь-якої точки на карті.

7. Побудова сітки прямокутних координат

Прямокутні координати вершин трапеції ACDB визначені у р. 5 (табл. 1). Обчислюємо приростки координат з точки А на точку D

$$\Delta x_{AD} = x_D - x_A; \quad \Delta y_{AD} = y_D - y_A.$$

У нашому прикладі

$$\Delta x_{AD} = 4697 \text{ м;} \quad \Delta y_{AD} = 4324.$$

Для контролю обчислюємо довжину діагоналі AD і порівнюємо її з результатом р. 2

$$d = \sqrt{4697^2 + 4324^2} = 6188.$$

На лінійці ЛБЛ беремо у розчин штангенциркуля відрізок Δx_{AD} (рис. 6.1). Проводимо з точки А у напрямку на точку С, дугу R, а з точки D у напрямку на точку В таку саму дугу R, як це показано на рис. 3. Далі беремо у розчин штангенциркуля відрізок Δy_{AD} . Проводимо з точки А у напрямку на точку В дугу S, а з точки D у напрямку на точку С таку саму дугу S.

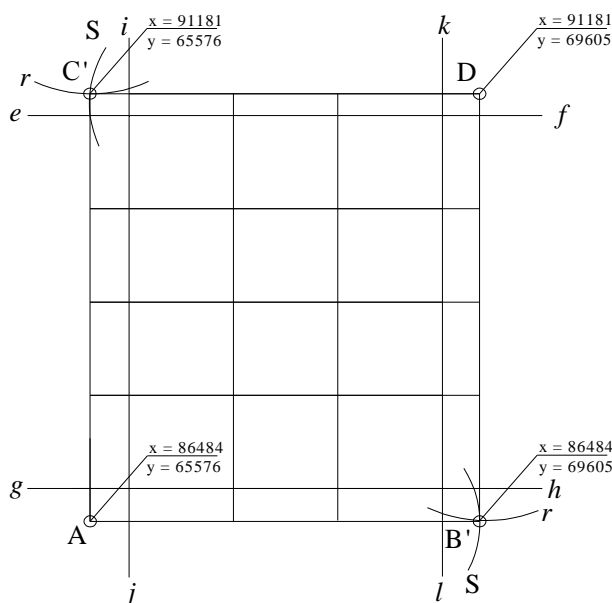


Рис. 6.1 – Побудова сітки прямокутних координат

На перетині дуг R і S отримуємо допоміжні точки C' і B' . У результаті маємо прямокутник $AC'DB'$, сторони якого паралельні осям координат.

Відомо, що на топографічній карті у масштабі 1:10 000 лінії сітки прямокутних координат проводять через 10 см. Цим лініям присвоюють значення абсцис і ординат, кратні (тобто діляться без залишку) 1000 метрам. Виходячи з цього, згідно з даними табл. 1 беремо на масштабній лінійці довжину $9181 - 9000 = 181$ та відкладаємо цей відрізок з точки C' по лінії $C'A$ і з точки D по лінії DB' через отримані точки проводимо пряму ef , паралельну осі y на рис. 3. Далі беремо довжину $7000 - 6484 = 516$ та відкладаємо цей відрізок з точки A по лінії AC' і з точки B' по лінії $B'D$. Проводимо пряму gh . Аналогічно проводимо лінії ij та kl які паралельні осі x . У результаті маємо лінії сітки координат $x = 87000$; $x = 91000$; $y = 66000$; $y = 69000$. Усі проміжні лінії проводимо за допомогою лінійки Дробишева. Правильність побудови сітки перевіряємо циркулем-вимірювачем. Розміри сторін квадратів та їх діагоналі не повинні відхилятися від теоретичних більш ніж на 0,3 мм.

8. Рамка карти та позарамкове оформлення

Рамку карти та позарамкове оформлення, тобто картометричні графіки і написи, викреслюють та виписують за зразком учбової топографічної карти У-33-65-А-б-2.

* * *

По закінченні розрахунково-графічної роботи необхідно представити:

1. Викреслену олівцем математичну основу карти з рамкою і позарамковим оформленням.
2. Текстовий додаток з необхідними розрахунками і поясненнями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Войславский Л.К. Картография. Вводная часть. Математическая Картография. Конспект лекций. – Х: Курсор, 2007. – 88 с.
2. Войславский Л.К., Запара Л.Г., Шевчун М.С., Шипулін В.Д. Методичні вказівки до вивчення розграфлення і номенклатури топографічних карт та планів (для студентів, які вивчають курси геодезії, картографії, геоінформаційних систем та технологій). – Х.: ХДАМГ, 2002. – 18 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з картографії «Розрахунок і побудова математичної основи топографічної карти масштабу 1:10 000» (для студентів 2 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» спеціальності «Геоінформаційні системи і технології»).

Укладач: Людвіг Карлович Войславський

Відповідальний за випуск: Г.І. Коба

Редактор: М.З. Аляб'єв

Комп'ютерна верстка: Г.О. Павлова

План 2009, поз. 100 М

Підп. до друку 17.04.2009	Формат 60×84 1/16	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовно-друк. арк. 0,7	Обл.-вид. арк. 1,0
Тираж 100 прим.	Замовл. №	

61002, м. Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ,
61002, м. Харків, вул. Революції, 12